

**І.В. ГРИГОРЕНКО**, к.т.н., доцент НТУ «ХПІ»,  
**А.С. БЕЛЄВЦОВА**, магістр НТУ «ХПІ»

## **АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ ЛАЗЕРНИХ СИСТЕМ**

У статті розглянуті основні похибки, що виникають при роботі систем лазерного контролю геометричних розмірів та якості поверхні деталей. Висвітлені особливості впровадження тестових методів контролю таких систем.

**Ключові слова:** системи лазерного контролю, похибки системи лазерного контролю, тестові методи контролю лазерних систем, алгоритм підвищення точності системи.

**Вступ.** Задача точності оцінювання геометричних розмірів і шорсткості поверхні деталі – основна задача, яку необхідно вирішувати комплексно на стадії виробництва. В даному випадку нас цікавлять автоматизовані системи контролю.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** У роботі [1] проведений аналіз роботи системи лазерного контролю і розглядається приблизна модель оптичної системи, але в ній не розглядаються можливі похибки даної вимірювальної системи, переваги її використання. Але виникає питання: наскільки можна довіряти таким системам, з якою точністю можна отримувати результати вимірювань на виході таких систем?

**Мета дослідження, постановка задачі.** Механічні системи є менш надійними в силу наявності механічних вузлів і не завжди ці системи можуть бути застосовані, більш цікавою є лазерна система – ця система сучасна, універсальна по області застосування, надійніша. Для того, щоб бути впевненими у результатах, що отримані за допомогою системи лазерного контролю, необхідно проводити її своєчасний тестовий контроль. Тестовий контроль дозволить виключити вплив на результат виміру параметрів вихідного вимірювального пристрою й ряду інших складових похибок виміру шляхом перетворення спеціальних тестів, функціонально пов'язаних з вимірюваною величиною, і обробки результатів перетворень по заданому алгоритму.

**Матеріали досліджень.** Завдання вимірювання точності лазерної системи може бути вирішене 2 методами: методом еталонів – шляхом введення в систему еталонної системи. Даний метод є апаратно-надлишковим і дорогим, тому використання другого методу, а саме методу тестового контролю, є більш вигідним і зручним для застосування. Але для цього необхідно знати, які фактори впливають на результати вимірювання.

В результаті досліджень було встановлено 5 основних джерел похибки

$$\delta_{\Sigma}^2 = k \sqrt{\delta_{\text{OB}}^2 + \delta_{\text{СЛК}}^2 + \delta_{\text{ПВ}}^2 + \delta_{\text{УВ}}^2 + \delta_{\text{ТД}}^2}, \quad (1)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який при довірчій ймовірності  $P = 0,95$ , дорівнює 1,1,  $\delta_{\text{ов}}$  – похибка об'єкта вимірювання,  $\delta_{\text{слк}}$  – похибка системи лазерного контролю,  $\delta_{\text{пв}}$  – похибка приймачів випромінювання,  $\delta_{\text{ув}}$  – похибка від нестабільності умов вимірювання,  $\delta_{\text{тд}}$  – похибка від температурної деформації виробу. Всі ці складові похибки носять випадковий характер [2].

У формуванні тестів бере участь вимірювана величина, що дозволяє перетворювати тести без її відключення від входу вимірювального пристрою. Це досить важливо при вимірюванні неелектричних величин, а саме геометричних розмірів та якості поверхні виробів.

Тестовий контроль підвищення точності результатів вимірювання за умови дії зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів, запропонований в [3], передбачає визначення невідомих параметрів  $a_{R0}, a_{R1}, \dots, a_{Rn}$  за результатами додаткових вимірювань вихідного сигналу ВП  $y_i, i = \overline{0, n}$  на  $(n+1)$  тактах перетворення як вхідного сигналу  $x$ , так і додаткових тестових величин  $L_i(x), i = \overline{0, 1}$ , кожна з яких сама є функцією вимірюваної величини  $x$ .

У загальному випадку, при тестових методах підвищення точності результатів вимірювань процес вимірювання складається з  $(n + 1)$  тактів. У першому такті перетворюється вимірювана величина  $x$ , а в  $n$  інших, додаткових – тести  $A_1(x)$ ,  $A_2(x)$ , ...,  $A_n(x)$ , кожен з яких є деякою функцією вимірюваної величини  $x$ . Результати основного і додаткових перетворень, можуть бути представлені у вигляді [3]

$$y_0 = a_1 + a_2x + \dots + a_nx^{n-1}, \quad (2)$$

[illegible]

Для одержання тестового алгоритму підвищення точності вимірювання необхідно спочатку визначити реальні параметри  $a_1, a_2, \dots, a_n$  математичної моделі вихідного вимірювального пристрою із рівняння (2), а потім знайти значення вимірюваної величини з рівняння (3) при підстановці в нього поточних значень  $a_1, a_2, \dots, a_n$ . Остаточне співвідношення, що показує зв'язок вхідної величини з результатами  $y_n$ , перетворень і величинами  $A_1(x), A_2(x), \dots, A_n(x)$  тестів, буде являти собою алгоритм підвищення точності вимірювання. У реальних вимірювальних системах знаходять застосування адитивні тести, створювані блоком адитивних тестів (БАТ) і мультиплікативні тести, створювані блоком мультиплікативних тестів (БМТ).

Як адитивні, так і мультиплікативні тести можна розділити на незалежні й функціональні. Незалежні адитивні тести формуються у вигляді суми

$$A_i(x) = x + \theta_i, \quad (4)$$

де  $\theta_i$  – постійна складова адитивного тесту, що є однорідною, незалежною від  $x$  величиною [1].

Незалежні мультиплікативні тести формуються у вигляді добутку

$$A_i(x) = K_i(x), \quad (5)$$

де  $K$  - незалежного від  $x$  коефіцієнт перетворення БМТ.

Функціональні адитивні й мультиплікативні тести відповідно мають вигляд

$$A_i(x) = x + \theta_i(x); \quad (6)$$

$$A_i(x) = K_i(x) \cdot x, \quad (7)$$

де  $\theta_i(x)$  і  $K_i(x)$  – деякі відомі функції  $x$ .

Функціональні тести використовуються рідко - у вимірювальних системах, що служать для виміру електричних величин. Найбільш широке застосування знайшли незалежні адитивні й мультиплікативні тести, які легко формуються як для електричних, так і для неелектричних величин [3].

Для створення адитивних тестів для тестування даної лазерної системи можна використати світлоподільний куб, який виконує задачу ділення лазерного променя на два (рис. 1). Світлоподільний куб зазвичай характеризується ступенем поляризації і діапазоном. Порядок значень діапазону знаходиться в районі 0,1-1,5 мкм, а ступінь поляризації близько 99 %.

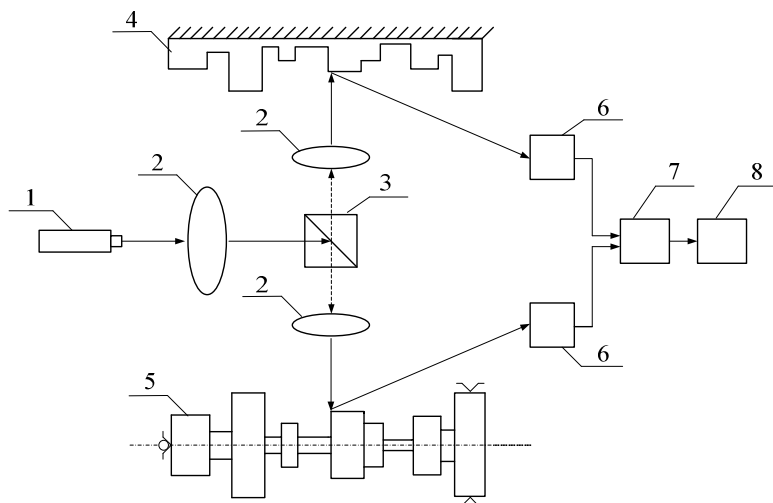


Рис. 1 – Схема системи контролю

Принцип роботи даної схеми полягає в тому, що отримання сигналу здійснюється за допомогою світлоподільного куба 3, що являє собою дві трикутні призми. Після дуалізації променя нові промені фокусуються за допомогою лінз 2, після чого один освітлює еталонну поверхню 4 – еталонний профіль, а інший – об’єкт вимірювання 5. Після потрапляння сигналів з обох поверхонь на приймачі 6, отримані дані порівнюються в цифровому пристрої порівняння сигналів 7 і передаються на блок обробки даних, який може бути під’єднаним до персонального комп’ютера.

**Результати досліджень.** В результаті аналізу встановлено, що потрібно проводити тестування системи у безперервному процесі експлуатації у динамічному режимі, де немає можливості відключити вхідний сигнал та підключити еталон. Використання світлоподільного куба уможливорює отримання двох незалежних потоків інформації про об’єкт, що дозволяє з більшою точністю визначити похибку вимірювання.

**Висновки.** В подальших роботах планується використати математичний апарат теорії тестових методів для конкретної системи лазерного контролю та отримати аналітичні співвідношення для оцінки зв’язку між параметрами системи та похибкою вимірювання.

**Список літератури:** 1. *Афонин В.Л., Макушкин В.А.* Интеллектуальные робототехнические системы / В.Л. Афонин, В.А. Макушкин. – Интернет-университет информационных технологий – ИНТУИТ.ру, 2009. – 208 с. 2. *Кондрашов С.Л., Григоренко І.В., Бєлєвцова А.С.* Система без демонтажного лазерного контролю геометричних розмірів та якості поверхні деталей// Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Автоматика та приладобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. - № 37 – 92 с. – 56 - 59с. 3. *Бромберг Э.М.* Тестовые методы повышения точности измерений / Э.М. Бромберг, К.Л. Куликовский – М.: Энергия, 1978. – 176 с.

*Надійшла до редколегії 14.12.2012*

УДК 681.518

**Аналіз можливості тестового контролю лазерних систем / І.В. Григоренко, А.С. Бєлєвцова** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автоматика та приладобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 8 (982). – С. 21–24. – Бібліогр.: 3 назв.

В статье рассмотрены основные погрешности, возникающие при работе систем лазерного контроля геометрических размеров и качества поверхности деталей. Освещены особенности внедрения тестовых методов контроля таких систем.

**Ключевые слова:** системы лазерного контроля, погрешности систем лазерного контроля, тестовые методы контроля лазерных систем, алгоритм повышения точности системы.

The article describes the basic errors that occur when using laser control systems geometrical dimensions and surface quality of parts. The specific features of the implementation of test methods for the control of such systems.

**Keywords:** laser control systems, errors of laser control systems, test methods for laser control systems, the algorithm of improving accuracy of system.